Aus der Neurochirurgischen Klinik (Prof. Dr.B.Bingas)
im Klinikum Westend der Freien Universität Berlin
und dem Christophorus-Kinderkrankenhaus Berlin 49
(Chefarzt Dr. H. Keller)

DIE POSTNATALE ECHO-ENCEPHALOGRAPHIE BEI FRÜHGEBORENEN

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Günter Frömmel aus Berlin

1971

Aus der Neurochirurgischen Klinik (Prof. Dr.B.Bingas)
im Klinikum Westend der Freien Universität Berlin
und dem Christophorus-Kinderkrankenhaus Berlin 49
(Chefarzt Dr. H. Keller)

DIE POSTNATALE ECHO-ENCEPHALOGRAPHIE BEI FRÜHGEBORENEN

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Günter Frömmel aus Berlin

Referent: Professor Dr. B. Bingas

Korreferent: Frau Professor Dr. L. Ballowitz

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche der Freien Universität Berlin

Promotionsdatum: 26. 8. 1971

Meinen Eltern

Inhalt

I. Einleitung

II. Grundlagen

1. Das Ventrikelsystem

a) Anatomie
b) Entwicklungsgeschichte
c) Ventrikeldarstellung

2. Das Echo-Encephalogramm

a) Physikalische Grundlagen und technische Anwendung
b) Historische und allgemeine Bemerkungen
c) Ergebnisse in der Pädiatrie

3. Das Frühgeborene

4. Die praenatale Dystrophie

III. Fragestellung

IV. Material und Methode

V. Ergebnisse

1. III. Ventrikel und Geburtsgewicht
2. III. Ventrikel und Gestationsalter
3. III. Ventrikel und Kopfumfang
4. III. Ventrikel und klinischer Status
5. Hirnmantelindex
6. Mortalität
7. Pneumencephalographische Kontrollen

VI. Diskussion

VII. Zusammenfassung

VIII. Literaturangaben

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547205_0104

I. EINLEITUNG

Die Beurteilung der Hirnkammern und ihrer Veränderungen spielt in der Diagnostik neurologischer Krankheitsbilder eine wichtige Rolle. In der Neuropädiatrie kann die Erkennung pathologischer Veränderungen wichtig für das weitere therapeutische Vorgehen sein. Naturgemäß wird eine Abweichung vom Normalen nur bemerkt, wenn gut fundierte Informationen über die normalen Verhältnisse selbst vorliegen.

Kenntnisse der Entwicklung, Anatomie und physiologischen Abweichungen der Ventrikelräume sind Voraussetzung für die Feststellung krankhafter Befunde. Untersuchungen über das Ventrikelsystem bei Frühgeborenen nach der Geburt liegen nicht vor. Ziel dieser Arbeit ist deshalb die Untersuchung der Ventrikelweite beim Frühgeborenen mit adäquatem Geburtsgewicht oder Dystrophie, evtl. Korrelationen zwischen Körpergewicht, Gestationsalter, Kopfumfang und Ventrikelweite sowie die Beantwortung der Frage, ob der Hydrozephalus bei Frühgeborenen häufiger als bei reifen Neugeborenen ist. (Auf Seite 18 ist die Fragestellung im einzelnen formuliert.) Der Darstellung der echoenzephalographischen Befunde zu diesem Problem soll die Erörterung der das Thema betreffenden Grundlagen vorausgehen.

II. GRUNDLAGEN

1. Das Ventrikelsystem

a) Anatomie

Morphologisch werden vier Hirnkammern unterschieden:
1. und 2. Ventrikel (= Seitenventrikel), 3. Ventrikel,
4. Ventrikel.

Die Seitenventrikel kommunizieren beidseits durch das Foramen interventriculare (Monroi) miteinander und mit dem dritten Ventrikel. Die Verbindung vom dritten zum vierten Ventrikel nennt man Aquaeductus cerebri (Sylvii). Jeder Lappen der Großhirnhemisphäre enthält einen Teil des Seitenventrikels (Synonym: cornu = Horn). Bei Betrachtung der Seitenventrikel von ventral nach dorsal werden folgende Teile unterschieden: im Stirnlappen das Cornu anterius, im Scheitellappen die Pars centralis, im Hinterhauptslappen das Cornu posterius und im Schläfenlappen mit Richtung nach caudal das Cornu inferius (temporalis). Der dritte Ventrikel wird mit Ausnahme seines rostralen Teiles dem Zwischenhirn zugerechnet. Er hat die Form eines sagittal gestellten schmalen Spaltes, der zwischen beiden Thalami liegt. Den Boden des dritten Ventrikels bildet der Hypothalamus. Der vordere, zwischen beiden Foramina interventricularia gelegene Abschnitt des dritten Ventrikels, entspricht dem unpaaren Teil des fetalen Endhirnventrikels (Pars impar ventriculi telencephali) und heißt deswegen Pars telencephalica ventriculi tertii. Den Abschluss nach vorn bilden die Lamina terminalis und Teile des Endhirns (Columnae fornicis, Commissura anterior). Der vierte Ventrikel gehört zum Rautenhirn. Es werden Boden, Dach und zwei Recessus laterales unterschieden. Der Boden heißt Rautengrube. Das Dach mit seiner zeltähnlichen Form wird vom Kleinhirn gebildet. Durch eine unpaare Öffnung (Foramen Magendii) und zwei seitliche Ausgänge (Foramina Luschkae) kommunizieren über die Cisterna magna Hirnkammersystem und Subarachnoidalraum. Die Innenwand des gesamten Hohlraumsystems ist vom Ependym ausgekleidet, das aus kubischen oder prismatischen Epithelzellen mit Flimmerhaaren besteht.
Als Produktionsstätten des Liquor cerebrospinalis gelten die Plexus choroidei. Diese befinden sich in allen Hirnkammern, in den Seitenventrikeln jedoch nur in der Pars centralis und im Cornu inferius (temporale).

b) Entwicklungsgeschichte

Aus dem Neuroektoderm des Keimschildes wird die Neuralplatte induziert. Ein Teil davon verdickt sich zur Hirnplatte. Diese ist die Vorstufe des sich zusammen mit dem Neuralrohr bildenden Primordialhirns, das aus drei Hirnbläschen besteht. In der vierten Lunarwoche ist die Entwicklung des Fünfbläschenstadiums anzusetzen; damit ist die Grundlage für die Bildung aller Abschnitte des endgültigen Hirns gelegt. Am Anfang des zweiten Lunarmonats wird die Endhirnblase in zwei Hemisphärenblasen unterteilt. Die von ihnen umschlossenen Hohlräume stellen die Vorstufe der späteren Seitenventrikel dar (Pars lateralis ventriculi telencephali), die bis auf das Foramen interventriculare (Monroi) allseits von Hirngewebe umgeben sind. Das Foramen Monroi, das sich mit zunehmendem Alter verkleinert, stellt über das Cavum Monroi (auch: Pars impar ventriculi telencephali) die Kommunikation zwischen beiden Seitenräumen sicher. Cavum Monroi und der Hohlraum des Zwischenhirns bilden später den dritten Ventrikel. Am Ende des dritten Embryonalmonats sind alle Teile des Gehirns angelegt. Die weitere Differenzierung der Hemisphären verläuft halbringförmig. Ihr schließt sich eine bogenförmige Entwicklung der Hohlräume an: die späteren Seitenventrikel wachsen nach vorn, hinten und parieto-temporal aus.

Die Ventrikelwand leitet sich aus der neuroektodermalen Matrixzone des Hirnbläschens ab. Vorläufer der Ependymzellen sind die in dieser Matrix enthaltenen Ependymoblasten, die auch an der Bildung des Plexusepithels beteiligt sind, während das Plexusstroma aus der Meninx primitiva stammt.

Ausgangspunkt der chorioidalen Entwicklung ist die area chorioidea an der medialen Wand des Hirnbläschens. Diese entwickelt sich zur Pilca chorioidea. In die Pilca wächst das gefäßreiche Mesenchym der Pia mater primitiva ein. Die Ausbreitung des Adergeflechtes erfolgt dann synchron mit

der Hemisphärenentwicklung. Cornu anterius und posterius des Seitenventrikels sind frei von Plexus chorioideus.

Am Ende des dritten Monats sind die Ventrikel sehr weit. Der Hirnmantel ist noch nicht entwickelt, Marklagerbildung und Differenzierung der Rinde haben noch nicht eingesetzt. Vom vierten intrauterinen Monat an werden die Hohlräume zunehmend enger. Der dritte Ventrikel, der zunächst zwischen beiden Seitenventrikeln liegt und so das Bild des Balkenmangels vortäuscht, wandert nach caudal. Ab fünftem Monat erfolgt eine allmähliche Angleichung der Verhältnisse an die des Neugeborenen, dessen Ventrikelsystem im Regelfall symmetrisch ist.

c) Ventrikeldarstellung

Erste erfolgreiche Versuche zur Darstellung der Form und Größe des Hirnkammersystems wurden bereits im 15. Jahrhundert unternommen. Es handelte sich um postmortale Untersuchungen. LEONARDO DA VINCI injizierte flüssiges Bienenwachs in frische Erwachsenengehirne. 1878 verwendete WELCKER ebenfalls Bienenwachs, erhielt aber nur unvollkommene Abgüsse. 1900 gelang es RETZIUS erstmals, nach Injektion von Wood-Metall, einer Legierung aus Blei, Cadmium, Wismut und Zinn, einen vollständigen Abguss des Ventrikelsystems eines Erwachsenen zu erhalten. Ähnliche Erfolge erzielten nach Verwendung des gleichen Materials HARVEY 1910 und TESTUT 1929. In späteren Jahren erfolgten Ventrikeldarstellungen unter Verwendung einer Celloidin-Aceton-Kampher-Mischung (LOCKE 1929), Paraffin (TORKILDSEN 1934) und Hohlglas (de VET 1940). Die genannten Materialien wurden meist in fixierte Gehirne injiziert. Die mitgeteilten Ergebnisse differierten stark und waren nur mit Einschränkung brauchbar.

WOOLLAM berichtete 1952 erstmals über postmortale Ventrikelabgüsse von foetalen Gehirnen. Er presste synthetischen

Kautschuk unter Druck in nicht fixierte foetale Gehirne. Zur Darstellung kamen nur die Seitenventrikel. An Gehirnen von Foeten des 5. bis 7. Monats ließ sich zeigen, daß das Hinterhorn doppelt so weit wie beim Erwachsenen ist; Vorder- und Unterhornweite wiesen eine derartige Abweichung nicht auf.

1953 berichteten LAST und TOMPSETT über Resinabgüsse an foetalen Gehirnen. Die Präparate der Hinterhörner erwiesen sich als kurz, dick und symmetrisch; im Gegensatz dazu boten die Hinterhörner von Erwachsenengehirnen ein unterschiedliches Bild und fehlten mehrfach völlig.

DAY untersuchte 1959 Resinabgüsse von foetalen Seitenventrikeln. Hier standen Gehirne von Kindern im Alter von 12 bis 38 Wochen zur Verfügung. Es zeigte sich, daß die Entwicklung der Hinterhörner später einsetzt als die der Vorder- und Unterhörner. DAY stellte weiter heraus, daß im Laufe der Entwicklung die Ventrikelgröße unter Zunahme des Hirnmantels rückläufig ist. Unterschiede der Ventrikelmaße traten weniger deutlich als bei Erwachsenen hervor. Die Frage nach der Vergleichbarkeit dieser postmortalen Befunde mit solchen intra vitam bleibt offen.

1918 wurde als intravitale Methode der Ventrikeldarstellung die Pneumencephalographie eingeführt. DANDY berichtete 1918/19 erstmals über seine Erfahrungen bei Säuglingen und Kindern. BINGEL stellte 192o als erster im deutschen Schrifttum an einem pädiatrischen Krankengut den diagnostischen Wert der Pneumencephalographie heraus. Seither sind zu diesem Thema über 15o pädiatrische Arbeiten veröffentlicht worden (BRUIJN). Die gewonnenen Erkenntnisse beruhen fast ausschließlich auf Untersuchungen, die an neurologisch kranken Patienten durchgeführt wurden. Belastung und Risiko der Pneumencephalographie verbieten ihre kritiklose Anwendung;

gesunden Kindern kann sie deswegen nicht zugemutet werden. Längsschnittuntersuchungen sind daher nicht möglich. Fünfzig Jahre nach Einführung der Methode wird von neuroradiologischer Seite (BRUIJN; BACKMUND/DECKER) die Schwierigkeit der Beurteilung von Encephalogrammen im ersten Lebensjahr hervorgehoben. Aussagen über die Größe des Ventrikelsystems in dieser Altersgruppe sind oft schwer möglich. Nach BRUIJN sind kindliche Hirnventrikel nicht immer kleiner als die von Erwachsenen. DEKABAN deutete die Möglichkeit an, daß die Hirnkammern postnatal größer als im zweiten Lebensjahr sein können. SCHÄFER empfahl auf Grund postmortaler Untersuchungen bei Säuglingen Zurückhaltung bei der Diagnose von Hirnatrophien, weil altersentsprechende Entwicklungsphasen pathologische Befunde vortäuschen können. BACKMUND und DECKER (1970) berichteten über nur 10 % Normalbefunde bei pneumencephalographierten Säuglingen; der Anteil an pathologischen Befunden lag wesentlich höher als im Erwachsenenalter.

Postmortale oder pneumencephalographische Untersuchungen haben bisher nicht zu ausreichenden Vorstellungen über die Anatomie und physiologischen Veränderungen des Hirnkammersystems im Säuglingsalter geführt. Die Klärung der eben angesprochenen Fragen verlangte eine die Kinder nicht belastende und beliebig oft wiederholbare Untersuchungsmethode. Hier bot sich die Echoencephalographie an.

2. Das Echoencephalogramm

a) Physikalische Grundlagen und technische Anwendung

Das Prinzip des Echo-Orientierungsverfahrens ist in der Natur vorgegeben. Für den hörbaren Bereich (16 - 20000Hz) sei auf Delphine und in Höhlen lebende Singvögel verwiesen, die von ihnen ausgestoßene und reflektierte Schallwellen

registrieren und so Beutetiere oder Hindernisse in verschiedenen Entfernungen orten können. Als bekanntes Beispiel für den Bereich jenseits der menschlichen Hörgrenze gelten die Fledermäuse. Sie sind in der Lage, allein mit Hilfe des Echo-Orientierungsverfahrens bei völliger Dunkelheit zu fliegen, ohne daß Kollisionen mit einem Hindernis auftreten. Der Fang von Insekten gelingt mit dem gleichen Prinzip.

Ultraschall wurde seit 194o (GÜTTNER) zur Durchstrahlung von Werkstoffen und zur Erkennung von Materialfehlern eingesetzt. Aus physikalischen Gründen erwies sich dieses Durchleuchtungsverfahren als unbrauchbar für die Schädeldiagnostik.

Das Echoimpulsverfahren wurde nach Entwicklung entsprechender Voraussetzungen in der Navigation eingeführt, um die Erkennung von Unterwasserhindernissen zu ermöglichen.

Erst die Anwendung dieses Echo-Impuls-Reflexions-Verfahrens in der Neurochirurgie durch LEKSELL (1955) brachte brauchbare Ergebnisse bei der Untersuchung des Schädelinnern.

Ultraschallwellen werden wie Lichtstrahlen von Grenzflächen verschiedener Medien reflektiert. Dabei ist das Ausmaß der Schallreflexion abhängig von den Unterschieden in der akustischen Impedanz (a.I.) verschiedener Gewebe. Die a.I. ist definiert als das Verhältnis von Schalldruck zu Schallschnelle; sie ist für jedes Medium konstant. Die a.I., auch spezifische Schallimpedanz oder Schallwellenwiderstand, ist der Schallgeschwindigkeit und der Dichte proportional (GÜTTNER). Ein Maximum von reflektierter Ultraschallenergie ist zu erwarten, wenn Wellen auf eine Grenzfläche in einem Winkel von 9o Grad auftreffen. Diese Grundregeln der Physik werden bei der Methode der Echo-Encephalographie in folgender Weise angewandt: ein Prüfkopf enthält einen Barium-

Titanat-Kristall (Schwingquarz). In diesem werden auf der Basis des piezoelektrischen Effektes die durch einen Impulsgenerator zugeführten elektromagnetischen Wellen in Ultraschallwellen verwandelt. Für Zwecke der Schädeldiagnostik kommen Frequenzbereiche von 1 bis 6 MHz, am häufigsten 2 MHz, in Betracht. Der Prüfkopf dient gleichzeitig als Sender und Empfänger der ausgesandten und reflektierten Ultraschallwellen. Die vom Kristall aufgefangenen Grenzflächenreflexionen (Echos) werden in elektromagnetische Wellen verwandelt und auf einer Braunschen Röhre als senkrechte Auslenkungen des Kathodenstrahles von einer Grundlinie sichtbar gemacht. Die Wegstrecke, die die reflektierte Ultraschallmenge vom Reflexionsort bis zum Prüfkopf durchläuft, entspricht dem Abstand vom Nullpunkt der Bildschirmskala bis zum Beginn der senkrechten Auslenkung auf der Braunschen Röhre. Durch Eichung der Skala in cm oder mm Gewebe sind Maßangaben bezüglich der Lage der reflektierenden Grenzflächen möglich. Bei Anlegen des Prüfkopfes temporal des Ohransatzes erhält man folgende Reflexionen: Initialecho, Mittellinienecho, Temporalhornecho und Endecho.

Das Initialecho stellt eine Addition von Sendeimpuls (hervorgerufen durch elektrische Potentialschwankungen am Kristall) und den Reflexionen dar, die prüfkopfnah an Haut, Muskel und Knochen entstehen.

Das Mittellinienecho wird durch die Mittellinienstrukturen (Corpus pineale, Septum pellucidum, hintere Teile des dritten Ventrikels) hervorgerufen. Es muß mit dem theoretischen Mittelecho, d.h. der Hälfte des mittels Kopfzirkel festgestellten bitemporalen Kopfdurchmessers, übereinstimmen. Darüberhinaus kann zur Kontrolle des Mittellinienechos die Bestimmung der sog. elektronischen Mitte durch das Transmissionsverfahren mit zwei temporal angelegten Prüfköpfen herangezogen werden. Der Ultraschall durchläuft jetzt im Gegensatz zur herkömmlichen Echo-Encephalographie

die Wegstrecke nur einmal und hat daher nur die halbe Laufzeit. Die Auslenkung des Kathodenstrahles erscheint deswegen auf dem Bildschirm an der Stelle des halben Kopfdurchmessers. Bei regelrechten intrakraniellen Verhältnissen müssen die von beiden Seiten abgeleiteten Mittelechos identisch sein. Nach Auswahl einer geeigneten Beschallungsrichtung lassen sich von beiden Wänden des dritten Ventrikels zwei getrennte Echos im Mittellinienbereich ableiten; der Abstand der beiden Echozacken entspricht der Breite des dritten Ventrikels.

Das Endecho wird durch Reflexionen, die beim Auftreffen des Ultraschalls auf die dem Prüfkopf gegenüberliegende Schädelseite (Dura, Tabula interna, Haut) entstehen, hervorgerufen.

Das Temporalhornecho entsteht durch Reflexionen an den Wänden des Seitenventrikels. Es liegt im Regelfall in der Mitte zwischen Mittel- und Endecho. Meistens kommt die laterale Wand des Temporalhorns zur Darstellung, in seltenen Fällen auch Innen- und Außenwand. Rückschlüsse auf die Hirnmanteldicke und damit auch auf die Größe der Seitenventrikel lassen sich aus der Bestimmung des Hirnmantelindex (HMI) nach SCHIEFER, KAZNER und KUNZE (1965) gewinnen. Der HMI errechnet sich aus der Beziehung zwischen den Entfernungen Mittellinienecho bzw. Mitte des dritten Ventrikels - Endecho und Temporalhornecho - Endecho.

$$HMI = \frac{\text{Abstand: Mittellinienecho - Endecho}}{\text{Abstand: Temporalhornecho - Endecho}}$$

Der Normalwert dieses Quotienten schwankt zwischen 2,0 und 2,2. Werte über 2,4 beweisen eine Erweiterung der Seitenventrikel und damit eine Reduzierung des Hirnmantels.

b) Historische Bemerkungen

Der schwedische Neurochirurg LEKSELL führte die Ultraschalluntersuchungen am Schädel als diagnostische Bereicherung der Behandlung Schädelverletzter ein und prägte den Namen Echo-Encephalographie (1955/56). Bei temporaler Beschallung des Kopfes konnte er Echozacken feststellen, die den Mittellinienstrukturen des Erwachsenenschädels zuzuordnen waren. Eine Verschiebung des Mittellinienechos ließ sich zur Seitenlokalisation von Hirnblutungen heranziehen. In späteren Veröffentlichungen wurde der Ursprung des Mittelechos diskutiert und als wesentliche Quelle die verkalkte Epiphyse herausgestellt (LEKSELL; JEPPSSON). Als weitere Strukturen, die als Ursprung für das Mittelecho anzusehen sind, konnten der hintere Teil des dritten Ventrikels und das Septum pellucidum ermittelt werden (GORDON; LITHANDER). RIDDER und de VLIEGER 1959 konnten im Bereich der Mittellinie ein doppelgipfliges Echo nachweisen. Nach Untersuchungen von LITHANDER (1961) handelt es sich dabei um die Wände des dritten Ventrikels. Untersuchungen von SCHIEFER, KAZNER und BRÜCKNER (1963) bei 28o Gesunden aller Altersstufen führten zur Mitteilung von Normalwerten für die Breite des dritten Ventrikels, die durch Messung des charakteristischen Doppelechos bestimmt wurden. Die oberste Grenze des Normalen wurde mit 7 mm ermittelt (SCHIEFER und KAZNER). FEUERLEIN und DILLING (1967) fanden unter Einbeziehung von Greisen einen Grenzwert von 1o,2 mm. Die Frage nach der Übereinstimmung echoencephalographisch und pneumencephalographisch bestimmter Hirnkammerweiten wurde überwiegend positiv beantwortet. Nach SCHIEFER und KAZNER besteht bei vergleichender Messung des dritten Ventrikels im Luft- und Echoencephalogramm eine Identität der Befunde in 97,8 % der untersuchten Patienten (Fehlerbreite $\pm$ 1 mm); BETZ und HUBER geben bei einer Abweichung von $\pm$ 2 mm 82,4 % an. KRÜGER/ZUMPE/VELTIN und FLIEGE/BACKMUND/FEUERLEIN fanden bei einer Toleranz von $\pm$ 2 mm eine Übereinstimmung der

Werte für 96 % der untersuchten Patienten, bei einer Toleranz von ± 1 mm 75 bzw. 73,3 %. SCHÜTTLER/HUBER konnten mit 98% Übereinstimmung (Toleranz ± 3 mm) nahezu identische Ergebnisse mitteilen. KRÜGER/THOMAS/ZUMPE/VELTIN stellten fest, daß beim gleichen Probanden verschiedene Hirnkammerweiten in Abhängigkeit von der Wahl der Ableitungspunkte ermittelt werden können. Echo-encephalographische Messungen des Seitenventrikels konnten bei 111 Patienten mit entsprechenden Pneumencephalogrammen verglichen werden; bei maximaler Abweichung von ± 2 mm wurde für 97,3 % der Fälle Übereinstimmung festgestellt (SCHIEFER/KAZNER). Andere Autoren konnten ähnliche Ergebnisse mitteilen (JACOBI/SCHUCH; SJÖGREN). Alle Untersucher weisen allerdings darauf hin, daß die Befunde an Kranken (Hydrocephalus) erhoben wurden; für gesunde Personen gilt dagegen, daß die Ableitung des Temporalhornechos - zumindest bei Erwachsenen - meist schwierig ist (SCHIEFER/KAZNER).

c) Ergebnisse in der Pädiatrie

Erste Ergebnisse von Untersuchungen mit Ultraschall am kindlichen Patienten finden sich bei JEPPSSON (1961). Er stellte fest, daß beim kindlichen Gehirn vor dem Ende des ersten Lebensjahrzehnts nicht die Epiphyse als Quelle des Mittellinienechos anzusehen ist; nach seiner Auffassung stammt das Mittellinienecho von den Wänden des dritten Ventrikels, des Interhemisphärenspaltes und des Septum pellucidum. LITHANDER (1961) unterstrich den Wert der Methode für die Feststellung eines kindlichen Hydrocephalus, schätzte aber die Möglichkeit gering ein, extracerebrale Blutansammlungen nachzuweisen. SCHIEFER/KAZNER/BRÜCKNER (1963) wiesen auf den besonderen Wert der Echo-Encephalographie für postoperative Verlaufskontrollen nach Hydrocephalusoperationen hin. Ähnliche Mitteilungen wurden 1964 von HATA et al und von UMBACH/KLEY (1965) gemacht, die bei gleichem Aussagewert die diagnostische Vereinfachung

herausstellten. GELETNEKY (1965) und G. JACOBI (1969) betonen den Wert der Untersuchung auch für die Erkennung von intrakraniellen Blutungen, Hygromen, Hirntumoren (supra- und infratentoriell) und Mißbildungen. Spezielle Erfahrungen in der Diagnostik von subduralen Ergüssen und Hämatomen des Kindes teilten 1966 G. JACOBI/KAZNER/WOLLENSAK mit.

SJÖGREN (1965) nannte weitere Indikationen für die echoencephalographische Untersuchung im Kindesalter: Differentialdiagnose zwischen Hydrocephalus und Megalocephalus, atypische Hydrocephalusformen wie Balkenmangel und Porencephalie, Hirnatrophien. EMERY (1967) hat im Gegensatz zu anderen Autoren auf Grund seiner vergleichenden pathologisch-anatomischen und echoencephalographischen Untersuchung die Meinung geäußert, daß die Echo-Encephalographie bis zum 18. Lebensmonat wegen der unterschiedlichen Dichte des Gehirns erheblich mit Fehlern behaftet sei; die Ultraschallreflexionen würden von der Grenze zwischen myelinisiertem und nicht-myelinisiertem Hirngewebe hervorgerufen und nicht von der Grenzfläche Cerebrum/Liquorräume. Andere ablehnende Äußerungen zum Echo-Encephalogramm des Säuglings und jungen Kindes sind nicht bekannt. M.JACOBI (1966) untersuchte 189 Kinder im Alter von drei Tagen bis zu vierzehn Jahren. Sie verwendete in verschiedenen Altersgruppen Prüfköpfe mit unterschiedlicher Impulsstärke (2-4 MHz) und unterschiedlichem Durchmesser. Ein Mittellinienecho ließ sich bei allen untersuchten Kindern darstellen; es war gelegentlich notwendig, andere Ableitungspunkte als den herkömmlichen über dem Ohr zu wählen. Nur in 13,9 % aller erhaltenen Mittellinienechos ließ sich keine exakt mittelständige Lage nachweisen; die maximal registrierte Abweichung betrug 1,o mm und lag damit unter den Grenzwerten von JEPPSSON (1961), der für Kinder eine größere Variationsbreite des normalen Mittellinienechos angab und erst bei einer Verschiebung über 3,2 mm einen intrakraniellen raumfordernden Prozess annahm.

SCHIEFER/KAZNER bezeichneten eine Verschiebung von mehr als 2 mm als pathologisch (1967). M.JACOBI teilte Werte für den Querdurchmesser des dritten Ventrikels in verschiedenen Altersgruppen mit. Bei Säuglingen bis zu einem halben Jahr lagen die Hirnkammerweiten zwischen 2,5 und 4,5 mm. Im späteren Alter gab sie folgende Werte des Querdurchmessers der dritten Hirnkammer an: 3,o bis 5,o mm bis zum 12. Monat; 5,o bis 5,5 mm bis zum dritten Lebensjahr; ältere Kinder zeigen Werte bis 6,o mm. Bei Kindern mit angeborenen Herzfehlern, die zu einer verminderten arteriellen Sauerstoffsättigung führen, wurden häufig Hirnkammerweiten an der oberen Normgrenze und sogar sicher pathologische Werte bis lo,5 mm registriert. SCHIEFER/KAZNER deuteten diese Befunde als Folge der chronischen Hypoxämie.

FEUERLEIN/DILLING (1967) erhoben an 25 Neugeborenen folgende Werte für den dritten Ventrikel: empirische Weite von 2,o bis 4,o mm (Normbereich 1,4 bis 4,2 mm). Sie fanden weiter, daß der dritte Ventrikel im Laufe des ersten Lebensjahres rasch breiter wird; im Schul- und Erwachsenenalter war keine deutliche Zunahme der Ventrikelweite zu verzeichnen. Das entspricht den Auffassungen von BRUIJN, der lineare Beziehungen zwischen Alter und Ventrikelgröße auf Grund ausgedehnter Untersuchungen des die Pneumencephalographie betreffenden Schrifttums ebenfalls nicht nachweisen konnte. Gegensätzliche Ansichten vertraten SCHIEFER/KAZNER (1967). SJÖGREN (197o) beschrieb, daß die Weite des dritten Ventrikels zwischen dem zweiten und zwölften Lebensmonat fortschreitend abnimmt. JACOBI/SCHUCH teilten 1966 im Rahmen einer pädiatrischen Arbeit Normalwerte des dritten Ventrikels bei Neugeborenen mit.Die Breite der dritten Hirnkammer betrug 3,o bis 4,5 mm.

In der selben Arbeit wurden auch erstmals Meßergebnisse bei F r ü h g e b o r e n e n angegeben, ohne daß aber Einzelheiten über die Probanden ausgeführt wurden. Die Weite des dritten Ventrikels schwankte bei Frühgeborenen zwischen 2,5 und 4,o mm. Weitere Hinweise auf echo-encephalographische Untersuchungen bei Frühgeborenen waren im Schrifttum nicht vorhanden.

Die echo-encephalographische Messung der Breite des Seitenventrikels gelang bei gesunden Kindern nur diesseits des zweiten Lebensjahres mit ausreichender Exaktheit. An älteren Kindern wurden zuverlässige Ergebnisse nur beim Vorliegen einer Hirnkammererweiterung gefunden (SJÖGREN). JACOBI/SCHUCH gaben für die Weite des Unterhorns (Temporalhorns) des Seitenventrikels für Früh- und Neugeborene Werte zwischen 2,5 und 4,o mm an. Der Hirnmantelindex lag bei Früh- und Neugeborenen häufig unter 2,o (1,8 bis 1,9; G.JACOBI). Werte über 2,4 wurden als pathologisch für diese Altersgruppe bezeichnet.

JACOBI/SCHUCH haben bei Kindern Ultraschallmessungen des dritten Ventrikels mit Ergebnissen der Pneumencephalographie verglichen und fanden für 68 % Befundgleichheit. Beim Vergleich echo-encephalographischer Untersuchungen der Seitenventrikelbreite mit entsprechenden Pneumencephalogrammen konnten SJÖGREN, WEST und SCHIEFER/KAZNER eine gute Korrelation nachweisen. JACOBI/SCHUCH fanden für 82 % ihrer Kinder übereinstimmende Ergebnisse.

3. Das Frühgeborene

Das Frühgeborene (FG) ist nach den Richtlinien der Weltgesundheitsorganisation (WHO) aus dem Jahre 1950 ein Neugeborenes, das bei der Geburt weniger als 2501 g wiegt.

Eine spätere, aus dem Jahre 1961 stammende Modifikation stellt in Rechnung, daß Gewicht und Körperlänge keinen exakten Hinweis für die tatsächliche Dauer der Gestation geben müssen. Der Begriff FG (premature) soll durch die neue Definition: Neugeborenes mit niedrigem Geburtsgewicht ersetzt werden. Die Schwangerschaftsdauer, errechnet nach dem ersten Tag der letzten Menstruation, soll unter 37 Wochen liegen. Die Gruppe der Neugeborenen mit sogenannter praenataler Dystrophie wird abgetrennt; diese soll später noch gesondert betrachtet werden.

In der Bundesrepublik Deutschland beträgt der Anteil der Kinder mit niedrigem Geburtsgewicht an den Lebendgeborenen 6 bis 1o %. Die Zahl dieser Patienten scheint rückläufig zu sein. Welche Faktoren im einzelnen für die frühzeitige Beendigung einer Schwangerschaft verantwortlich sind, muß offen bleiben. Folgende Zusammenhänge sind oft feststellbar: Untergewichtige Neugeborene sind häufig bei schlechtem sozialen Milieu der Mutter, bei Primiparae, zunehmender Geburtenfolge, bei sehr jungen oder relativ alten Müttern, bei Frauen mit Kleinwuchs. Mütterliche Komplikationen wie Blutungen, Infektionen und Praeeklampsie scheinen eine Rolle zu spielen. Kinder mit niedrigem Geburtsgewicht sind häufiger Mädchen und zahlreich unter den Mehrlingsgeburten.

Die Gesamtsterblichkeit dieser Neugeborenen liegt in Deutschland (BRD) - optimale Betreuung vorausgesetzt - bei 16 bis 2o % und schwankt im Ausland zwischen 11 und 33 %. Mit fallendem Geburtsgewicht nimmt die Mortalität stark zu. Bei Gewichten unter 1ooo g liegt die Überlebenschance bei 0 bis maximal 8 %. Häufigste Todesursache sind pulmonale Komplikationen und cerebrale Blutungen. Die Entwicklung dieser Kinder verläuft oft atypisch. Bei einem Geburtsgewicht unter 125o g kann eine cerebrale Bewegungsstörung bei 2o % der Kinder dieser Gruppe auftreten. Bei 1o % gegenüber 1 %

der ausgetragenen Säuglinge zeigte sich später eine beeinträchtigte Entwicklung: neurologische Störungen, Intelligenzminderung und Verhaltensanomalien fallen vor allem auf (RIEGEL).

4. Die praenatale Dystrophie ("small for dates infant", "foetal malnutrition").

Schon 1941 forderte v. PFAUNDLER, frühgeborene von untergewichtigen Kindern normaler Schwangerschaftsdauer zu trennen. Die Begründung hierfür wurde in der Tatsache gesehen, daß Neugeborene mit den Zeichen des intrauterinen Minderwuchses gegenüber Frühgeborenen eine andere peri- und postnatale Morbidität zeigen. Praenatal dystroph heißen Kinder, deren Geburtsgewicht, bezogen auf das Gestationsalter, unter der 10. Perzentile liegt. Unter Gestationsalter wird die Zeit vom ersten Tag der letzten Regel der Mutter bis zur Geburt des Kindes verstanden. Etwa ein Drittel aller Kinder mit niedrigem Geburtsgewicht muß als praenatal dystroph bezeichnet werden; das entspricht etwa 4 % aller Neugeborenen (THALHAMMER; SCHULTE; BUSCH).

Als häufigste Ursache der intrauterinen fetalen Mangelentwicklung (BUSCH) wird die Placentainsuffizienz angesehen. Die Placenta kann zu klein sein und überdurchschnittlich häufig Infarzierungen aufweisen. Als mögliche Ursache dafür wird die hypertonische Praeeklampsie der Mutter genannt. Die Placentargefäße zeigen Atheromatosen und Thrombosen. Den genannten Veränderungen folgt die Abnahme der Placentadurchblutung. Weiter ist die Beeinträchtigung der normalen Placentafunktion durch Virus- oder Toxoplasmainfektionen, Tumoren und Nabelschnuralterationen möglich. Daneben findet sich gelegentlich bei hypoplastischen Placenten eine Verzögerung der Zottenreifung. Zwei klinische Formen der praenatalen Dystrophie werden unterschieden: die Hypoplasie und die Hypotrophie.

Bei der hypoplastischen Form wird eine verminderte Zellzahl aller kindlichen Organsysteme gefunden. Als Ursachen kommen frühfetale Infektionen und chromosomale Aberrationen in Frage.

Die Hypotrophie wird auf ein unzureichendes mütterliches Versorgungssystem und eine Placentadysfunktion im letzten Schwangerschaftsdrittel zurückgeführt. Körperlänge und Kopfumfang entsprechen den Normalwerten; dagegen bleibt die Gewichtszunahme zurück. GRUENWALD fand eine disproportionierte Entwicklung der Organsysteme: die Gewichte von Gehirn, Herz, Lunge und Niere sollen altersbezogen über der Norm liegen; andererseits liegt eine Unterentwicklung von Leber, Milz und Thymus vor.

Auch die Ernährung der Mutter während der Schwangerschaft kann über eine Placentahypotrophie zur Hypotrophie des Feten führen. In Tierversuchen wurde nach Fehlernährung des Muttertieres nicht nur eine Zellzahlverminderung der Placenta, sondern auch eine solche im Gehirn des Feten neben einer Hypotrophie der übrigen Organe gefunden (WINICK). Entsprechende Untersuchungen an Gehirnen von hypotrophen Kindern, die ad exitum kamen, sind bisher nicht bekannt (WINICK). Allerdings sind Störungen der Placentaentwicklung (Hypoplasie) bei fehlernährten Graviden beschrieben worden.

Neugeborene nach intrauteriner Mangelentwicklung neigen zu Hypoglykämie, Hypothermie, Hypocalcaemie, Polycythaemie mit hohen Hämatokritwerten und haben postpartal Hypoxiesymptome. Neurologisch verhalten sie sich ihrem Gestationsalter entsprechend; bei Fehlen anderer perinataler Störungen sind sie im Reflexverhalten und im EEG normalgewichtigen reifen Neugeborenen gleich, können dadurch also von frühgeborenen Kindern abgetrennt werden. Weitere Möglichkeiten der Unterscheidung beider Gruppen und damit auch der Reifebestimmung sind die Ermittlung des fetalen Hämoglobinanteils,

die Messung der Knochenkerngröße im Röntgenbild und die Registrierung der peripheren Nervenleitgeschwindigkeit. Die genaueste Einordnung in die eine oder andere Gruppe erlaubt die Beurteilung nach klinischen und neurologischen Kriterien (FARR; v.HARNACK/v.BERNUTH).

III. Fragestellung

In der Kinderambulanz der neurochirurgischen Universitätsklinik (Klinikum Westend der Freien Universität) fiel eine größer werdende Rate von Frühgeborenen auf, die in den ersten Lebensmonaten eine unterschiedlich stark ausgeprägte cerebrale Bewegungsstörung aufwiesen. Ein altersbezogen pathologisch großer Kopfumfang war nicht immer zu erkennen. Die als Orientierungsmethode eingesetzte Echoencephalographie brachte den Befund einer Hirnkammererweiterung. Dabei wurden die normalen Werte für Säuglinge nach SCHIEFER/KAZNER, JACOBI/SCHUCH, FEUERLEIN/DILLING zu Grunde gelegt. Der echoencephalographische Befund wurde zumeist neuroradiologisch (lumbale oder ventrikuläre Luftencephalographie) bestätigt.

Im Schrifttum fanden sich Mitteilungen über Hydrocephalus nach Frühgeburt nur vereinzelt. LORBER/BASSI berichteten 1963 über 51 Säuglinge mit Megalocephalus und unkompliziertem Hydrocephalus; 14 dieser Kinder waren ehemalige Frühgeborene.

Die hier vorgelegte Untersuchung soll folgende Fragen klären:

1. Welche Normalwerte des dritten Ventrikels und des Hirnmantels werden bei Frühgeborenen post partum gefunden?

2. Bestehen Korrelationen zwischen Körpergewicht, Gestationsalter, Kopfumfang und Ventrikelweite?

3. Gibt es Unterschiede in der Weite der dritten Hirnkammer bei Frühgeborenen mit adaequatem Geburtsgewicht und bei dystrophen Früh- bzw. Neugeborenen?

4. Liegt die Rate von Hydrocephalus bei Frühgeborenen höher als bei reifen Neugeborenen?

IV. Material und Methode

Im Zeitraum von Februar 1970 bis Januar 1971 wurden 131 Frühgeborene (FG) echoencephalographisch untersucht. Dafür kam ein Ultraschallgerät der Firma Siemens - Reiniger AG (Echograph nach Krautkrämer, Typ USM) zur Anwendung. Eindimensionales Meßverfahren. Bitemporale Beschallung. Prüfkopf: Durchmesser 15 mm, Frequenz 2 MHz. Dokumentation mit einer Polaroid-Land-Camera, Belichtungszeit 1/30 sec, Blende zwischen 8 und 11, Filmmaterial Polaroid Type 47.
Die Untersuchung erfolgte ohne Sedierung. Die Kinder blieben im Inkubator oder im Bett. Den Kontakt zwischen Prüfkopf und der nicht rasierten Schädelkalotte gewährleistete ein Kopplungsmittel (Aquasonic). Darstellung des dritten Ventrikels und des Temporalhornechos der Gegenseite. Die Identifikation der den Seitenwänden der dritten Hirnkammer entsprechenden Echozacken wurde durch die häufig beobachtete pulssynchrone gegenläufige Pulsation der Ausschläge erleichtert. Gelegentlich war zwischen beiden Auslenkungen als dritte Reflexion das Mittellinienecho sichtbar. Die Bilder wurden mit Hilfe eines Stechzirkels ausgemessen (Weite des dritten Ventrikels; Hirnmantel im Bereich des Temporalhorns). Ablesung an der Basis der photographierten Ausschläge und Übertragung auf Millimeterpapier. Errechnung des Hirnmantelindex (HMI) nach SCHIEFER/KAZNER/KUNZE.

Die echoencephalographische Untersuchung der 131 Frühgeborenen erfolgte in den ersten 48 Stunden post partum. Die Kinder kamen aus den geburtshilflichen Abteilungen, die im Einzugsgebiet des Christophorus-Kinderkrankenhauses Berlin-Lichtenrade liegen. In die Untersuchungsreihe wurden nur Kinder einbezogen, die primär einen normalen Kopfumfangswert zeigten. 6o der Kinder waren männlichen, 71 weiblichen Geschlechts. 16 der Frühgeborenen stammten aus Mehrlingsgeburten (ausschließlich Zwillinge). Nach Möglichkeit wurden für jedes Frühgeborene folgende Daten ermittelt: Geburtsgewicht, Körperlänge, Kopfumfang, klinischer Status bei Einlieferung ins Frühgeborenenzentrum, APGAR-Wert post partum, Resultate der Blutgasanalyse, errechneter Geburtstermin nach der mütterlichen Menstruationsanamnese und Geburtsdauer in Stunden.

Nach dem Körpergewicht erfolgte die Einteilung in vier Gewichtsklassen (I bis IV), und zwar I bis 1ooo g, II bis 15oo g, III bis 2ooo g, IV bis 25oo g. Bei 117 Kindern ließ sich das Gestationsalter in Wochen bestimmen. Hierunter wurde definitionsgemäß der Zeitraum vom ersten Tag der letzten Regel der Mutter bis zur Geburt des Kindes verstanden. Vierzehn Mütter konnten diesen Termin nicht angeben; in diesen Fällen unterblieb die Errechnung des Gestationsalters. Weitere Spezialuntersuchungen zur Altersbestimmung waren aus technischen Gründen noch nicht in größerem Rahmen verfügbar.

Die Ergebnisse in den einzelnen Gewichtsklassen wurden statistisch auf Unterschiede untersucht (WILCOXON-Test für zwei Stichproben; GEIGY-Tabellen). Außerdem wurden die Perzentil-Werte, der Zentralwert (Median) und der arithmetische Mittelwert ermittelt. Der Sicherung des Zusammenhangs zwischen Ventrikelweite und Gestationsalter sowie Kopfumfang diente die Berechnung der Regressionsgeraden und des Korrelationskoefizienten mit dem

Tischcomputer WANG 7oo (Institut für medizinische Statistik und Dokumentation der Freien Universität Berlin).

V. Ergebnisse

1. III. Ventrikel und Geburtsgewicht

Gruppe I: 9 Kinder; empirische Weite des dritten Ventrikels 4,4 bis 5,2 mm; Mittelwert 4,8 mm; Zentralwert 5,o mm.

Gruppe II: 22 Kinder; empirische Weite des dritten Ventrikels 2,4 bis 6,o mm; Mittelwert 4,4 mm; Zentralwert 4,2 mm; Normalbereich (Perzentile 1o bis 9o) 3,o bis 5,8 mm.

Gruppe III: 4o Kinder; empirische Weite des dritten Ventrikels 2,3 bis 5,8 mm; Mittelwert 4,1 mm; Zentralwert 4,o mm; Normalbereich 3,o bis 5,o mm.

Gruppe IV: 6o Kinder; empirische Weite des dritten Ventrikels 2,o bis 5,2 mm; Mittelwert 3,4 mm; Zentralwert 3,4 mm; Normalbereich 2,5 bis 4,5 mm.

Die Übersicht über die Ergebnisse vermittelt Tabelle I.

In Abbildung 1 sind die Mittelwerte der Ventrikelweiten (III.Ventrikel) in den einzelnen Gewichtsgruppen graphisch dargestellt.

Bis auf Gewichtsgruppe I und II unterscheiden sich die Ventrikelweiten in den einzelnen Gewichtsklassen deutlich voneinander. Der Querdurchmesser des dritten Ventrikels nimmt mit steigendem Körpergewicht ab. Die statistische

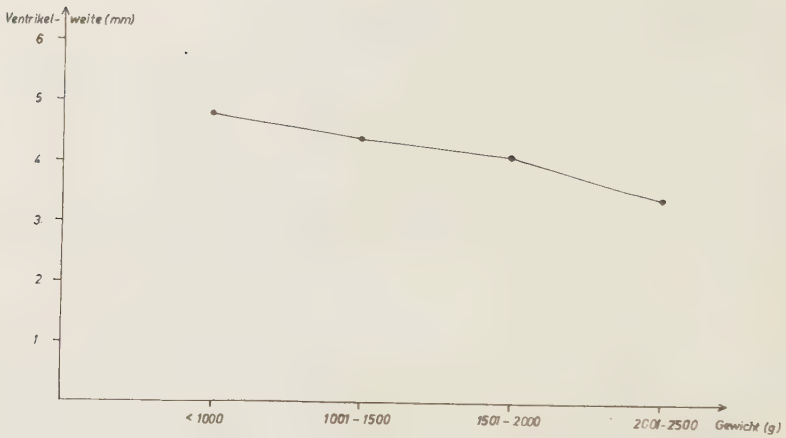

Abbildung 1: Echoencephalographische Befunde (III. Ventrikel, Mittelwerte) in Beziehung zum Körpergewicht.

Tabelle I

Echoencephalographische Befunde
(Weite des III.Ventrikels in mm)
in Beziehung zum Geburtsgewicht (g)

III.Ventr.	Gewicht - 1000 g	- 1500 g	- 2000 g	-2500 g
gemessene Werte	4,4-5,2	2,[illegible]-6,0	2,3-5,8	2,0-5,2
Mittel-werte	4,8	4,4	4,1	3,4
Zentral-werte	5,0	4,2	4,0	3,4
Norm-bereich		3,0-5,8	3,0-5,0	2,5-4,5
Anzahl der Fälle	9	22	40	60

Signifikanz der Unterschiede wurde mit dem Wilcoxon-Test für zwei Stichproben gesichert (Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 5 %). Die Abbildungen 2, 3 und 4 zeigen beispielhaft die Beziehung zwischen Körpergewicht und der Weite des dritten Ventrikels.

37,4 % aller untersuchten Kinder hatten Ventrikelweiten über 4,0 mm (oberster Grenzwert von JACOBI/SCHUCH). Alle Patienten, die der obersten Gewichtsklasse (2001 bis 2500 g) angehörten und deren Hirnkammerweite über 4,0 mm lag, wurden überprüft. Es handelte sich um acht Kinder. Ihre Ventrikelweiten schwankten zwischen 4,1 und 5,0 mm; bei allen fanden sich pathologische Hirnmantelindices von über 2,4. Ein Neugeborenes kam unter den Zeichen des Atemnotsyndroms

ad exitum, zwei weitere hatten passagere pH-Verschiebungen. Die übrigen fünf Kinder waren klinisch unauffällig und blieben es auch bei späteren Kontrollen.

2. III.Ventrikel und Gestationsalter

Das für 117 Kinder ermittelte Gestationsalter schwankte zwischen 24 und 4o Wochen. Es wurden vier Altersgruppen gebildet. Die Häufigkeit der in den einzelnen Gruppen gemessenen Ventrikelweiten zeigt Tabelle II.

Tabelle II

Beziehung zwischen Weite des III.Ventrikels und Gestationsalter. Gesamtübersicht von 117 Kindern. (Die Zahlen in Klammern betreffen die Hypotrophen)

III. Ventrikel (mm)	Alter (Wochen) 24 - 28	29 - 32	33 - 36	37 - 4o
bis 2,o		1		1 (1)
2,1 - 3,o		[illegible]	15 (1)	8 (7)
[illegible]	1	5 (1)	17 (5)	13 (12)
[illegible]	[illegible] (1)	15 (1)	9 (5)	[illegible] (3)
5,1 - 6,o	5	5 (1)	1 (1)	3 (2)
Anzahl der Fälle	[illegible] (3)	32 (3)	[illegible] (12)	29 (25)

Folgende Befunde konnten erhoben werden:
[illegible] Kinder waren weniger als 28 Wochen alt; 13 hatten Ventrikelweiten über 4,o mm (oberster Grenzwert von JACOBI/SCHUCH)

32 Kinder waren 29 bis 32 Wochen alt; 2o hatten Ventrikelweiten über 4,o mm.

42 Kinder waren 33 bis 36 Wochen alt; 1o hatten Ventrikelweiten über 4,o mm.

29 Kinder waren 37 bis 4o Wochen alt; 7 hatten Ventrikelweiten über 4,o mm.

42,7 % von den Kindern mit bekanntem Gestationsalter hatten Ventrikelweiten über 4,o mm (4,1 bis 6,o mm) und lagen damit über den von JACOBI/SCHUCH genannten Werten. Abbildung 5 zeigt, daß vor der 31. Woche Ventrikelweiten unter 4,o mm nicht beobachtet wurden. Zwischen Ventrikelweite und Gestationsalter besteht ein Zusammenhang, der sich durch eine lineare Funktion (Regressionsgerade) annähern läßt (Abb. 5). Der statistische Zusammenhang wurde über den Korrelationskoeffizienten auf dem o,1-Prozent-Niveau gesichert. Die Berechnung der Regressionsgeraden und des Korrelationskoeffizienten (Tischcomputer WANG 7oo) ergab folgende Beziehung:
Ventrikelweite (mm) = 7,4351 - o,1o355 x Gestationsalter (Wochen). Der Korrelationskoeffizient war o,45.
In Abbildung 5 ist die Beziehung Ventrikelweite/Gestationsalter graphisch dargestellt. Gezeichnet sind die Einzelwerte und die Regressionsgerade. Deutlich erkennbar nimmt die Ventrikelweite mit zunehmendem Alter ab.

Bei 44 Kindern handelte es sich um praenatal Dystrophe. Das Körpergewicht (normale Vergleichswerte nach LUBCHENCO) lag unter Perzentile 1o. Bei 17 der Hypotrophen fanden sich Weiten des dritten Ventrikels über 4,o; identische Befunde wurden bei der Gruppe der übrigen Frühgeborenen erhoben. 25 Kinder mit praenataler Dystrophie waren 37 bis 4o Wochen alt. Nur 5 dieser Patienten hatten Ventrikelbreiten über 4,o mm. Bei den hypotrophen Kindern fanden sich die gleichen Beziehungen zwischen der Weite des dritten Ventrikels und dem Gestationsalter wie bei Frühgeborenen mit adaequatem Geburtsgewicht. Mit zunehmendem Alter war keine auffällige

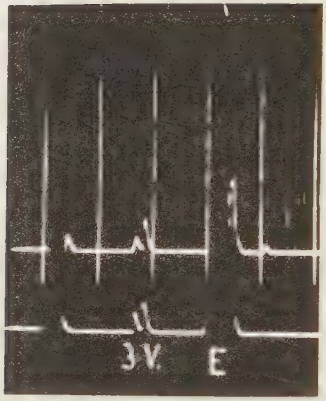

Abbildung 2: FG H., geb. 5.9.197o, 22oo g, KU 31 cm,
G.A. 35 Wochen, Echo-EG Nr. 89/7o C,
13h post partum;
III.Ventrikel 2,8 mm (3.V = III.Ventrikel,
E = Endecho)

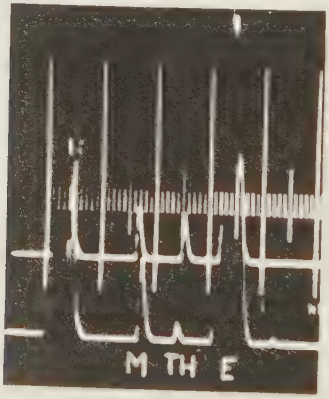

Abbildung 3: FG S., geb. 5.8.197o, 24oo g, KU 33 cm,
G.A. 34 Wochen, Echo-EG Nr. 58/7o C,
17h post partum:
HMI = 2,1 (M = Mittelecho, TH = Temporalhorn-
echo)

Häufung weiter dritter Ventrikel festzustellen (vergl. Tabelle II, Zahlen in Klammern).

3. III. Ventrikel und Kopfumfang

Der Kopfumfang post partum war bei 124 Frühgeborenen bekannt. Den gemessenen größten Kopfumfängen wurden die Weiten des dritten Ventrikels gegenübergestellt. Wie aus Abbildung 6 hervorgeht, waren bei einem Kopfumfang von 29 cm und weniger nur Ventrikelweiten über 4,o mm zu ermitteln (oberster Grenzwert von JACOBI/SCHUCH). Der Wert von 29 cm wird normalerweise zwischen 3o. und 32. Schwangerschaftswoche erreicht. 37,9 % aller Kinder mit bekanntem Kopfumfang hatten Ventrikelweiten über 4,o mm. Bei Kopfumfängen von mehr als 29 cm lagen fast zwei Drittel aller gemessenen Ventrikelweiten unter 4,o mm. Fazit: die kleinsten Schädel zeigen die größten Hirnkammerweiten; mit zunehmendem Kopfumfang nimmt die Ventrikelweite ab. Dieser Zusammenhang ließ sich auch statistisch sichern. Folgendes Ergebnis wurde ermittelt:
Ventrikelweite (mm) = 1o,5676 - o,2193 x Kopfumfang (cm).
Der Korrelationskoeffizient betrug o,58.

4. III. Ventrikel und klinischer Status

Mütterliche Anamnese und Geburtsverlauf hatten keinen Einfluss auf die Breite der dritten Hirnkammer und die Größe des HMI. Kindliche Meßdaten wie APGAR-Zahl, blutgasanalytische und andere Laborwerte, Häufigkeit von Apnoe- und Cyanoseanfällen, klinischer und neurologischer Status ließen keinen Zusammenhang mit den echoencephalographischen Befunden erkennen. Sehr unreife Frühgeborene wiesen neben zahlreichen pathologisch-klinischen Veränderungen häufiger große Ventrikelweiten auf, ohne daß daraus kausale Beziehungen abgeleitet werden könnten.

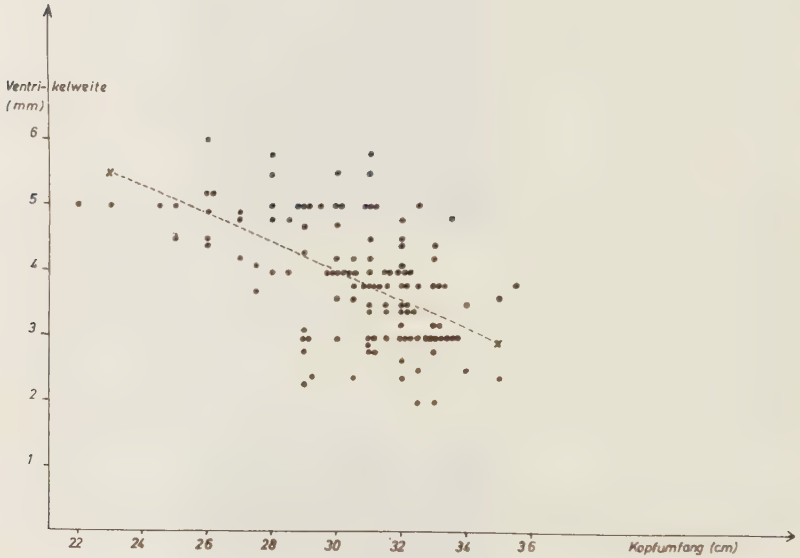

Abbildung 6: Beziehung zwischen Weite des III.Ventrikels (mm) und Kopfumfang (cm); Einzelwerte und Regressionsgerade.

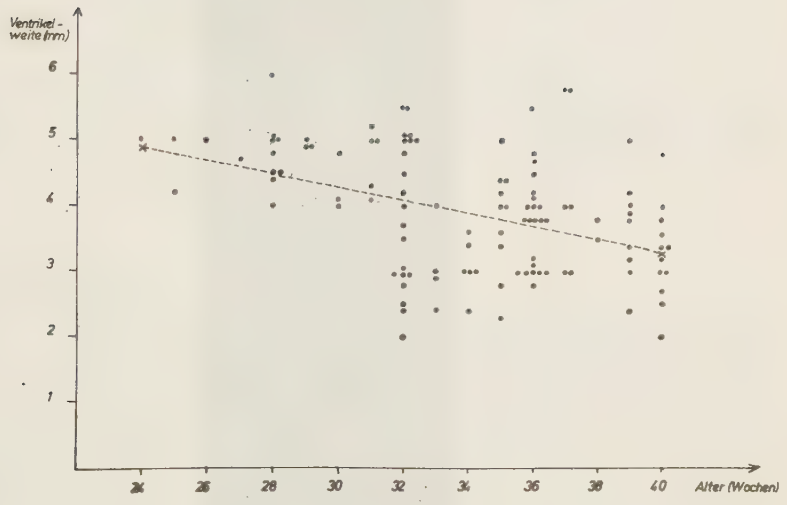

Abbildung 5: Beziehung zwischen Weite des III.Ventrikels (mm) und Gestationsalter (Wochen); Einzelwerte und Regressionsgerade.

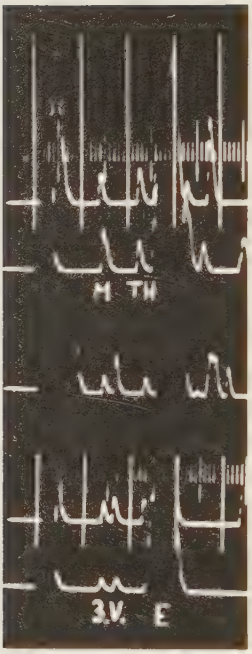

Abbildung 4: FG H., geb. 21.12.197o, 54o g, KU 23 cm, G.A. 24 Wochen, Echo-EG Nr. 126/7o C, 4h post partum:
III.Ventrikel 5 mm, HMI 3,o (Bestätigung durch postmortale Pneumencephalographie)

5. Hirnmantelindex (HMI)

39,6 % (52 von 131 Frühgeborenen) hatten Hirnmantelindices über 2,4. Bei den hypotrophen Kindern schien der Anteil geringer (15 von 44 mit Werten über 2,4) als bei den Frühgeborenen mit adaequatem Geburtsgewicht (34 von 77 mit einem Index über 2,4). Von den verbleibenden 1o Kindern, die sich nicht sicher einordnen ließen, hatten 3 einen HMI über 2,4.

In 18 von 131 untersuchten Fällen (13,7 %) fand sich neben einem Ventrikelwert über 4,o (oberer Grenzwert von JACOBI/SCHUCH) ein normaler HMI unter 2,4. Ein pathologischer Index bei Ventrikelbreiten bis 4,o mm wurde nicht gefunden.

6. Mortalität

27 (2o,6 %) der untersuchten Kinder starben innerhalb der ersten drei Wochen post partum. 9 der Kinder wogen 1ooo g und weniger, 14 15oo g und weniger, 4 weniger als 2ooo g; 14 Kinder gehörten in die Gruppe der Kinder mit adaequatem Geburtsgewicht, 1o wurden als hypotroph klassifiziert, die übrigen drei konnten nicht sicher eingeordnet werden. Die häufigste Todesursache waren intrakranielle Blutungen und pulmonale hyaline Membranen. In einem Fall bestand eine Hirnblutung mit Ventrikeleinbruch (Haematocephalus internus).

7. Pneumencephalographische Kontrollen

Bei 9 Kindern wurde sofort post mortem eine Pneumencephalographie von lumbal, suboccipital oder der Fontanelle aus durchgeführt. Die injizierte Luftmenge betrug 8 bis 12 ml. Bei 6 Frühgeborenen gelang die ausreichende Darstellung des dritten Ventrikels. Es bestand eine gute Korrelierbarkeit mit dem echoencephalographischen Befund, wie dies auf Abbildung 7 zu ersehen ist. In 4 Fällen kam das Temporalhorn

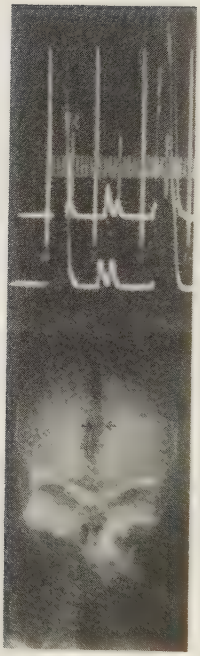

Abbildung 7: Korrelierbarkeit von Echo- und Pneumencephalogramm beim Frühgeborenen.
FG W. geb. 14.7.197o, 72o g, KU 25 cm,
G.A. 28 Wochen, Echo-EG Nr. 46/7o C,
12h post partum.
Echo-EG: III. Ventrikel 4,1 mm
PEG (s.Pfeile) " 4,1 mm

zur Darstellung; der hier ermittelte Hirnmantel stimmte mit dem echoencephalographischen Befund genau überein. Bei jeder postmortalen Luftfüllung konnte eine Einsicht in die Ventrikelverhältnisse erhalten werden. In den drei Fällen ohne exakte Darstellung der dritten Hirnkammer kam jeweils die Luftfüllung des weiten Seitenventrikels (davon zweimal des Temporalhorns) zustande. Die Abbildung 8 und 9 zeigen die pneumencephalographischen Bilder eines Frühgeborenen mit 1350 g Geburtsgewicht, das nach 17 Lebensstunden starb. Man sieht eine Erweiterung der Ventrikelräume. Die Befunde korrelieren mit den Ergebnissen der Echo-Encephalographie sehr gut.

VI. Diskussion

Routinemäßige pneumencephalographische Untersuchungen bei frühgeborenen Kindern liegen aus begreiflichen Gründen nicht vor. JACOBI/SCHUCH (1966) berichteten bisher als einzige über echoencephalographische Messungen des dritten Ventrikels und des Temporalhorns bei Frühgeborenen; detaillierte Angaben zur Klinik, über Zahl und Zeitpunkt der Untersuchungen fehlen jedoch.

Postnatale echoencephalographische Studien an Frühgeborenen in Beziehung zu klinischen Daten sind nicht bekannt. Im Zeitraum von Februar 1970 bis Januar 1971 wurden daher 131 Frühgeborene (Neugeborene mit niedrigem Geburtsgewicht) postnatal innerhalb der ersten 48 Lebensstunden echoencephalographisch untersucht. Die Bestimmung des dritten Ventrikels und die Ermittlung des Hirnmantelindex führten in Verbindung mit biometrischen Werten zu folgenden Ergebnissen:

Abb. 8

Abb. 9

Abbildung 8 und 9: Postmortale Luftfüllung der Ventrikelräume von lumbal, 5h post mortem.
FG F., geb. 5.8.1970, 1350 g KU 27 cm, G.A. 30 Wochen.
Abb. 8: Aufnahme a.p.
Abb. 9: Aufnahme seitlich

Der Querdurchmesser des dritten Ventrikels, damit offenbar auch die Weite des Hirnkammersystems insgesamt, wird mit steigendem Geburtsgewicht, zunehmendem Gestationsalter und wachsendem Kopfumfang kleiner. Das Fazit aller Untersuchungsergebnisse lautet: Je näher die klinischen Daten des frühgeborenen Kindes den Normalwerten nach regelrechtem Schwangerschaftsverlauf kommen, desto kleiner ist das Hirnkammersystem. Hypotrophe Kinder und Frühgeborene im engeren Sinne zeigten keinen Unterschied.

Bei Betrachtung der Ergebnisse stellt sich vor allen Dingen die Frage nach der Korrelierbarkeit von echo- und pneumencephalographischen Befunden bei Frühgeborenen. Dazu ist festzustellen, daß größere Serien von Luftfüllungen der Hirnkammern bei Früh- und Neugeborenen nicht bekannt sind. SJÖGREN et al(1968)untersuchten 13 Säuglinge innerhalb des ersten Lebensmonats mittels Echo- und Pneumencephalogramm und stellten eine gute Korrelation zwischen beiden Verfahren fest; einschränkend wurde darauf hingewiesen, daß die echoencephalographische Bestimmung des nicht erweiterten Ventrikelsystems nicht so korrekt sei wie die des Hydrocephalus; eine Unterscheidung, ob ein normales oder erweitertes Ventrikelsystem vorliege, sei aber möglich. JACOBI/SCHUCH fanden bei Kindern in etwa 7o % eine Übereinstimmung von Echo- und Pneumencephalogramm (Toleranz ± 1 mm). Dagegen steht die Meinung von EMERY; nach seiner Auffassung sei die Echoencephalographie bis zum 18. Lebensmonat wegen der unterschiedlichen Dichte des Gehirns erheblich mit Fehlern belastet. Weitere Ergebnisse sind nur von Erwachsenen bekannt. Hier konnten SCHIEFER/KAZNER, BETZ/HUBER, KRÜGER/ZUMPE/VELTIN, FLIEGE/BACKMUND/FEUERLEIN und SCHÜTTLER/HUBER beim Vergleich beider Methoden die ausreichende Genauigkeit der Echoencephalographie nachweisen; die verschiedenen Autoren gaben eine Toleranzbreite von ± 1 mm bis 3 mm an. Bei einer Toleranz von ± 2 mm kamen

nahezu alle Autoren zu einer Übereinstimmung von fast 1oo %. Einschränkend ist aber darauf hinzuweisen, daß die Übertragung der Toleranzwerte von Erwachsenen auf Früh- und Neugeborene schon allein wegen der geringen Breite des dritten Ventrikels bei den letztgenannten nicht angängig sein dürfte.

Wie aus Tabelle III zu ersehen ist, weichen die hier ermittelten Werte für Frühgeborene von den bisher bekannten deutlich ab. Die einzig vergleichbaren Zahlen für Frühgeborene finden sich bei JACOBI/SCHUCH. Die Prüfung der Ergebnisse dieser Autoren zeigt, daß die hier vorgelegten Messungen in 37,4 % über dem oberen Grenzwert von 4,o mm liegen. Die Werte von JACOBI/SCHUCH stimmen mit denen der Gruppe IV dieser Arbeit überein. Es ist daher zu fragen, ob die zitierten Autoren ihre Ergebnisse bei Frühgeborenen über 2ooo g Geburtsgewicht erhoben haben.

Tabelle III

Weite des dritten Ventrikels (mm) bei Früh- und Neugeborenen; Ergebnisse verschiedener Autoren im Vergleich zu eigenen Werten

Autor	Frühgeborene	Neugeborene
M.JACOBI	-	2,5 - 4,5
JACOBI/SCHUCH	2,5 - 4,o	3,o - 4,5
FEUERLEIN/DILLING	-	2,o - 4,o
Eigene Ergebnisse		
Gruppe I	4,4 - 5,2	-
Gruppe II	3,o - 5,8	-
Gruppe III	3,o - 5,o	-
Gruppe IV	2,5 - 4,5	-

Abbildung 1o: Frontalschnitt durch das Gehirn eines Feten (Mitte bis Ende des 3. Monats); physiologischer "Pseudo-Hydrocephalus". (nach DECKER/BACKMUND/STOCHDORPH)

Beim Vergleich der Werte für Früh- und Neugeborene (siehe Tab. III) fällt auf, daß die Weite des dritten Ventrikels bei M.JACOBI genau den Zahlen für Frühgeborene der obersten Gewichtsklasse im vorliegenden Patientengut entspricht; bei FEUERLEIN/DILLING liegen die Werte für Neugeborene unter den hier erhobenen Frühgeborenenwerten. Lediglich JACOBI/SCHUCH geben für Neugeborene höhere Werte als für Frühgeborene an.

Bei selektivem Vergleich der vorliegenden Ergebnisse von Frühgeborenen mit den bisher ermittelten Werten von Neugeborenen zeigt sich eindeutig, daß der dritte Ventrikel von Frühgeborenen der IV.Gewichtsklasse denen der Neugeborenen entspricht; der Querdurchmesser des dritten Ventrikels der Frühgeborenen mit geringem Gewicht (Gewichtsklasse I - III) war stets weiter als der der Neugeborenen. Die zusammenhängende Betrachtung der Befunde von Früh- und Neugeborenen unterstützt das in dieser Arbeit gewonnene Ergebnis, daß mit zunehmender biologischer Reife die Weite des dritten Ventrikels abnimmt. Dem entspricht auch die Tatsache, daß vor der 31. Lebenswoche Weiten des dritten Ventrikels unter 4,o nicht gefunden wurden. Dagegen stehen die Ergebnisse von JACOBI/SCHUCH, die für Neugeborene höhere Werte als für Frühgeborene mitgeteilt haben. Die Deutung der hier erhobenen Befunde berührt Probleme der Fetalentwicklung und der perinatalen Medizin. DAY hatte durch postnatale Ventrikelausgüsse von fetalen Gehirnen festgestellt, daß im Laufe der Entwicklung die Ventrikelgröße unter Zunahme des Hirnmantels rückläufig ist. DECKER/BACKMUND/STOCHDORPH wiesen darauf hin, daß während der intrauterinen Entwicklung das Hirnkammersystem bezogen auf den Hirnmantel ungewöhnlich groß sei. Die genannten Autoren konnten an 4o Feten verschiedenen Gestationsalters postmortal folgende Befunde erheben: Nachweis eines physiologischen "Pseudo-Hydrocephalus" (Abb. 1o) als Durchgangsphase während der ersten drei Fetalmonate; zunehmende Einengung des Hirnkammersystems

durch Entwicklung des Marklagers und Entfaltung des Hirnrinde ab fünften Fetalmonat. Die hier vorgelegten Befunde entsprechen diesen Ergebnissen von DECKER/BACKMUND/STOCHDORPH. Demgegenüber hat SOLCHER festgestellt, daß in der Frühfetalzeit bis Ende des dritten Entwicklungsmonats eine Hydrocephalusbildung durch Liquordrucksteigerung noch kaum möglich sei. Unter 65 Feten der genannten Altersgruppe beobachtete er nur einmal eine birnenförmige Erweiterung des dritten Ventrikels; eine Ursache für diesen Befund war nicht erkennbar.

Neben der Betrachtung embryologischer Fakten muss die Frage diskutiert werden, ob pathologische Faktoren intrauterin oder perinatal zu Erweiterungen des Hirnkammersystems führen können.

Hier wäre zunächst die Placentainsuffizienz zu nennen. Es ist bekannt, daß bei mangelhafter diaplacentarer Versorgung des Feten während einer Zeit rascher Markscheidenbildung das Gehirn im Wachstum zurückbleibt (JOPPICH/SCHULTE). In Tierversuchen konnte gezeigt werden, daß proteinarme Nahrung über eine placentare Zellzahlverminderung zur Unterentwicklung aller Organe des Feten und zu einer Abnahme der Zahl der Hirnzellen führen kann. Das Kleinhirn und periventrikuläre Bereiche sind dabei besonders betroffen. Beweise für das Vorliegen entsprechender Veränderungen bei hypotrophen Früh- und Neugeborenen stehen aus (WINICK 1971). Dennoch ist denkbar, daß bei diesen Kindern ähnliche Befunde wie im Tierversuch existieren und zu auch echoencephalographisch nachweisbaren Erweiterungen der Hirnkammern und zu corticaler Atrophie führen können. Die genannten pathologischen Befunde sind häufig Grundlage einer frühkindlichen Hirnschädigung. Dieses Krankheitsbild kann nach JUNG bei ehemaligen Hypotrophen in bis zu 58 % beobachtet werden.

Davon ausgehend wurden die postnatalen echoencephalographischen Messungen von Frühgeborenen mit adaequatem Geburtsgewicht und hypotrophen Neugeborenen miteinander verglichen; dabei ließen sich unterschiedliche Befunde für beide Gruppen nicht ermitteln.

Weiterhin müssen perinatale Ursachen diskutiert werden. BANKER/LARROCHE (1962) fanden bei Sektionen von Früh- und Neugeborenen eine periventrikuläre Leukomalacie (p.L.); VIRCHOW (1867) beschrieb das gleiche Krankheitsbild als congenitale Encephalitis. Über identische Erfahrungen konnten GILLES/MURPHY (1969) berichten. BANKER/LARROCHE beobachteten die p.L. bei 19 % aller neonatalen Todesfälle diesseits der vierten Lebenswoche. Nach ihrer Erfahrung ist die p.L. die häufigste pathologische Veränderung bei Hirnsektionen von Früh- und Neugeborenen. Als Ursache wurde eine Hypoxie unterschiedlicher Dauer angesehen. Ausdruck der p.L. war oft eine Ventrikelerweiterung. Klinisch zeigten diese Kinder Veränderungen wie Apnoe-Anfälle, schwere Zyanose und Herzstillstand. In der vorliegenden Untersuchungsreihe wurden daher Patienten mit entsprechender Symptomatik echoencephalographisch überprüft. Eine Korrelation konnte nicht festgestellt werden.

Gelegentlich kann ein Hydrocephalus internus durch eine schwere, überwiegend geburtstraumatisch bedingte Hirnblutung mit Ventrikeleinbruch vorgetäuscht werden (Hämatocephalus internus). Im vorliegenden Krankengut wurde ein entsprechender Fall einmal gesehen. Alle verstorbenen Kinder wurden seziert. Eine Hirnblutung mit Ventrikeleinbruch wird erfahrungsgemäß nicht überlebt. Als Ursache für die hier ermittelten Ventrikelweiten kommt daher dieses Krankheitsbild nicht in Betracht.

Bei synoptischer Betrachtung der erhobenen Befunde mit den bereits bekannten Grundlagen zu diesem Thema ist wahrscheinlich, daß es sich bei den größeren Ventrikelweiten unreifer

Kinder um eine physiologische Durchgangsphase handelt. Daneben muß die Möglichkeit des Einflusses exogener Faktoren auf die Entwicklung von Gehirn und Hirnkammersystem erwogen werden. Für die Gruppe der hypotrophen Kinder sollte dieser Frage, speziell von pathologisch-anatomischer Seite, sehr intensiv nachgegangen werden. Inwieweit die hier ermittelten Werte des dritten Ventrikels und des Hirnmantelindex Normalwerte für unterschiedliche Gewichts- und Altersgruppen Frühgeborener darstellen oder aber - zumindest teilweise - als pathologisch (Grenzwert 4,o für den dritten Ventrikel bei JACOBI/SCHUCH) anzusehen sind, bleibt zum jetzigen Zeitpunkt offen. Zeigt sich bei späteren Messungen, daß eine Rückbildung des primär weiten Ventrikelsystems sichtbar wird, wäre das eine Stütze für die hier angenommene Vorstellung der physiologischen Durchgangsphase im Zuge der Hirnreifung. Bleiben dagegen postnatal weite Hirnkammerquerdurchmesser später unverändert oder nehmen in ihrem Ausmaß zu, so stellt sich die Frage nach der primären Hirnschädigung (Hirnatrophie, Hydrocephalus). Die Klärung der genannten Probleme kann nur durch Längsschnittuntersuchungen am gleichen Krankengut beantwortet werden. Vielleicht kommt der postnatalen Echo-Encephalographie in Verbindung mit dem klinisch-neurologischen Befund sogar eine prognostische Bedeutung für die weitere cerebrale Entwicklung frühgeborener Kinder zu.

VII. Zusammenfassung

1. Im Zeitraum von Februar 197o bis Januar 1971 wurden 131 Frühgeborene in den ersten 48 Stunden post partum echoencephalographisch untersucht.

2. Bei Gegenüberstellung von echoencephalographischen Befunden und klinischen Daten wurden folgende Ergebnisse erzielt:

Mit zunehmendem Körpergewicht, Gestationsalter und Kopfumfang bei Geburt nimmt die Weite des dritten Ventrikels ab. Diese ermittelten Beziehungen konnten statistisch gesichert werden.

. Unterschiede zwischen frühgeborenen und hypotrophen neugeborenen Kindern bestanden nicht.

. Die größere Weite des dritten Ventrikels von Kindern mit sehr geringem Gewicht bzw. niedrigem Gestationsalter ist am ehesten als physiologische Durchgangsphase aufzufassen.

VIII. Literaturangaben

1. BANKER, B.Q. and J.C.LARROCHE: Periventricular Leukomalacie of Infancy. Arch.Neurol. 7, 336 (1962).

2. BARKE, M.W., J.I. SCARBOUGH, L. O'GORMAN and W.B.THOMPSON jr.: Intrauterine Ventriculography of the hydrocephalic fetus. Obstet Gynec. 28, 568 (1966).

3. BETZ, H. and G. HUBER: The correlation between echo-encephalographic and pneumoencephalic findings. In: Proceedings in echo-encephalography. International symposium on echo-encephalography. Erlangen 1967, p. 25. Berlin-Heidelberg-New York, Springer 1968.

4. BINGEL, A.: Encephalographische Erfahrungen. Zschr.f.d. ges.Neurol.Psychiat. 114, 323 (1928).

5. BROCK, J.: Biologische Daten für den Kinderarzt, 2.Aufl. Berlin-Göttingen-Heidelberg, Springer 1954.

6. BROCKHAUS ENCYKLOPÄDIE, 5, 216 und 6, 334. F.A.Brockhaus, Wiesbaden 1968.

7. BRUIJN, G.W.: Die neuroradiologische Einschätzung des Ventrikelsystems und seine Beziehungen zum Gehirn und Schädel im Säuglings- und Kindesalter. In: D.MÜLLER: Neuroradiologische Diagnostik und Symptomatik der Hirnentwicklung im Kindesalter. Berlin, VEB Volk und Gesundheit, 1963.

8. BRENNER, W.: Ergebnisse der Encephalographie im Kindesalter. Ergeb.inn.Med.Kinderheilk. 62, 1238 (1942).

9. BUSCH, W.: Intrauterine fetale Mangelentwicklung. Münch.med.Wschr. 111, 2392 (1969).

10. CLARA, M.: Entwicklungsgeschichte des Menschen. Leipzig, VEB G.Thieme 1955.

11. DANDY, W.E.: Roentgenography in the localization of brain tumours, based upon a series of one hundred consecutive cases. Bull.Hopkins Hosp. 27, 311 (1916), Amer.J.Dis. Child. 14, 424 (1917).

--,- Ventriculography following the injection of air into the cerebral ventricles. Ann.Surg. 68, 5 (1918).

--,- Am.J.Roentgenol. 6, 26 (1919).

12. DA VINCI, L.: zit. nach DAY (13)

13. DAY, W.R.: Casts of Foetal Lateral Ventricles. Brain 82, 1o9 (1959).

14. DECKER, K. und H. BACKMUND: Pädiatrische Neuroradiologie. 1. Aufl., Stuttgart, G. Thieme 197o.

15. DEKABAN, A.: Neurology of Infancy. Baltimore, William & Wilkins 1959.

16. DE VET, A.C.: zit. nach DAY (13).

17. Documenta Geigy: Wissenschaftliche Tabellen. 7.Auflage (1968).

18. EMERY, J.L.: The examination of the normal and hydrocephalic infant brain using ultrasound. Develop.med.Child.Neurol., Suppl. 13, 87 (1967).

19. FARR, V., R.G. MITCHELL, G.A. NELIGAN and I.M.PARKIN: The definition of some external characteristics used in the assessment of gestational age at birth. Develop.med.Child. Neurol. 8, 657 (1966).

2o. FEUERLEIN, W. und H. DILLING: Das Echo-Encephalogramm des 3. Ventrikels in verschiedenen Lebensaltern. Arch.Psychiat.Nervenkr. 2o9, 137 (1967).

21. FLIEGE, K., H. BACKMUND und W. FEUERLEIN: Probleme und Ergebnisse bei der vergleichenden Messung des 3. Ventrikels durch Echoencephalographie und Pneumencephalographie. Arch.Psychiat.Nervenkr. 211, 333 (1968).

22. FUCHS, G.: Mathematik für Mediziner und Biologen. Berlin-Heidelberg-New York, Springer 1969

23. GELETNEKY, C.L.: Echoencephalographie im Säuglings- und Kindesalter. Acta neurochir.(Wien) 13, 579 (1965).

24. GILLES, F.H. and S.F. MURPHY: Periventricular telencephalic leukomalacie. J.Neurol.Neurosurg. Psychiat. 32, 4o4 (1969).

25. GORDON, D.: Echoencephalographie. Rev.neurol. 99, 652 (1958).

26. GRÜNWALD, P.: zit. nach W. BUSCH (9).

27. GÜTTNER, W.: In: W.SCHIEFER und E. KAZNER: Klinische Echo-Encephalographie. Berlin-Heidelberg-New York, Springer 1967.

28. HARNACK, G.-A.v. und H.v.BERNUTH: Mehrdimensionale Reifediagnostik bei untergewichtigen Neugeborenen. Mschr.Kinderheilk. 119, 23 (1971).

29. HARVEY, R.W.: zit. nach DAY (13).

3o. HATA, H., H. MARUTA, J. YOSHIDA, K. ISHIDA and Y. INABA: Observation of hydrocephalus by ultrasound - Evaluation of effect of ventriculo-auriculostomy. Japan.Med.Ultrasonics 2, 41 (1964).

31. JACOBI, G. und P. SCHUCH: Echo-Encephalographie und ihre Ergebnisse bei Kindern. pädiat.prax. 5, 433 (1966).

32. JACOBI, G.: Echoenzephalographie. In: Handbuch der Kinderheilkunde, Bd. 8/1, S. 3o. Berlin-Heidelberg-New York, Springer 1969.

33. JACOBI, G., E. KAZNER und J. WOLLENSAK: Subdurale Ergüsse und Hämatome bei Säuglingen und Kindern. Betrachtungen zur Pathogenese, Klinik und Therapie und Prognose. Z.Kinderheilk. 96, 199 (1966).

34. JACOBI, M.: Anwendungsmöglichkeiten und Ergebnisse der Echoencephalographie im Kindesalter. Inaug.Dissertation, Erlangen 1967.

35. JEPPSSON, St.: Echo-encephalography. IV. The midline echo; an evaluation of its usefulness for diagnosing intracranial expansivities and investigation into its sources. Acta chir. Scand., Suppl. 272, 1 (1961).

36. JOPPICH, G. und F.J. SCHULTE: Neurologie des Neugeborenen, 1. Aufl. Berlin-Heidelberg-New York, Springer 1968.

37. JUNG, G., R. LEMPP und R. SCHMIDT: Das Schicksal der Frühgeburten. Arch.Kinderheilk. 179, 111 (1969).

38. KRÜGER, H., V. ZUMPE und A. VELTIN: Echoencephalographische Untersuchungen der III. Hirnkammer bei Gesunden verschiedener Lebensalter. Arch.Psychiat.Nervenkr. 210, 161 (1967).

39. KRÜGER, H., V. ZUMPE und A. VELTIN: Zur Validität der Echoencephalographie der inneren Liquorräume. (Eine Untersuchung zur Frage der Übereinstimmung von Echo- und PEG-Messwerten des 3. Ventrikels.) Nervenarzt 39, 8o (1968).

4o. KRÜGER, H., E. THOMAS, V. ZUMPE und A. VELTIN: Zur Echoencephalographie der III. Hirnkammer. Fortschr.Neurol.Psychiat. 36, 679 (1968).

41. LAST, R.J. and D.H.TOMPSETT: Casts of the cerebral ventricles. Brit.J.Surg. 4o, 525 (1953).

42. LEKSELL, L.: Echo-encephalography. I. Detection of intracranial complications following head injury. Acta chir.Scand. 11o, 3o1 (1955/56).

--,- Echoencephalography. II. Midline echo from the pineal body as an index of pineal displacement. Acta chir. Scand. 115, 255 (1958).

43. LITHANDER, B.: Origin of echoes in the echo-encephalogram. J.Neurol.Psychiat. 24, 22 (1961).

44. LITHANDER, B.: Echo-Encephalography in children. Acta psychiat.Scand. 36, Suppl. 159, 37 (1961).

45. LOCKE, C.E.jr.: zit. nach DAY (13).

46. LORBER, J. and U. BASSI: The aetiology of neonatal hydrocephalus (excluding cases with spina bifida). Develop.Med.Child Neurol. 7, 289 (1965).

47. LUBCHENCO, L.O., C. HANSMAN, M. DRESSLER and E. BOYD: Intrauterine growth as estimated from liveborn birthweight data at 24 to 42 weeks of gestation. Pediatrics 31, 793 (1963).

48. PFAUNDLER, M.v.: Studien über Frühtod, Geschlechtsverhältnis und Selektion. III. Mitt. Z.Kinderheilk. 62, 351 (1941).

49. PIA, H.W. und C.L. GELETNEKY: Echoencephalographie. Stuttgart, G. Thieme 1968.

5o. RAUBER-KOPSCH: Anatomie des Menschen, Bd. II, 19, Aufl. Stuttgart, G. Thieme 1955.

51. RETZIUS, G.: zit. nach DAY (13).

52. RIEGEL, K.: Frühgeborene. Münch.med.Wschr. 112, 6 (197o).

53. SCHÄFER, H.: Die Beurteilung hirnatrophischer Veränderungen im Kindesalter mit Hilfe des Röntgenbildes. Kinderärztl.Praxis 31, 73 (1963).

54. SCHIEFER, W., E.KAZNER und H. BRÜCKNER: Die Echoencephalographie, ihre Anwendungsweise und klinischen Ergebnisse. Fortschr.Neurol. Psychiat. 31, 457 (1963).

55. SCHIEFER, W. und E. KAZNER: Klinische Echoencephalographie. 1. Aufl. Berlin-Heidelberg-New York, Springer 1967.

56. SCHÜTTLER, R. und G. HUBER: Untersuchungen am 3.Ventrikel durch Echoencephalographie und Pneumencephalographie. Arch.Psychiat.Nervenkr. 213, 37o (197o).

57. SEITELBERGER, F. und K. JELLINGER: Grundzüge der morphologischen Entwicklung des Zentralnervensystems. In: Pädiatrische Neurochirurgie. Stuttgart, G. Thieme 1967.

58. SJÖGREN, I.: Echo-ventriculography in infantile hydrocephalus. Preliminary report. Acta neurol. scand. 41, Suppl. 13, 13 (1965).

59. SJÖGREN, I.: Comparative studies between echoencephalography and cerebral pneumography in infantile hydrocephalus and cerebral malformations. Intern.Symposium Echo-Encephalographie, Erlangen 1967. Berlin-Heidelberg-New York, Springer 1968.

6o. SJÖGREN, I.: Echoencephalography. Amer.J.Dis.Child. 119, 45 (197o).

61. SOLCHER, H.: Zur Neuroanatomie und Neuropathologie der Frühfetalzeit. Monographien a.d.Gesamtgeb. d.Neurol.u.Psychiat., 127. Berlin-Heidelberg-New York, Springer 1968.

62. STOCHDORPH, O.: Funktion, Bau und Entwicklung des Zentralnervensystems. In: K.DECKER und H. BACKMUND: Pädiatrische Neuroradiologie. Stuttgart, G. Thieme 197o.

63. THALHAMMER, O.: Praenatale Dystrophie. Z.Kinderheilk. 91, 193 (1964).

64. TESTUT, L.: Traité d'anatomie humaine. Paris 1929.

65. TORKILDSEN, A.: zit. nach DAY (13).

66. UMBACH, W. und M. KLEY: Untersuchungen mit Ultraschall zur Diagnose und Verlaufskontrolle des kindlichen Hydrocephalus. Dtsch.med.Wschr. 9o, 1313 (1965).

67. USHER, R., F.McLEAN and K.E.SCOTT: Judgement of fetal age. Pediat.Clin. 13, 835 (1966).

68. VIRCHOW, R.: Zur pathologischen Anatomie des Gehirns. I. Congenitale Encephalitis und Myelitis. Virchows Arch.path.Anat. 38, 129 (1867).

69. VLIEGER, M. de and H.J. RIDDER: Use of echoencephalography. Neurology 9, 216 (1959).

7o. VOSS, H. und R. HERRLINGER: Taschenbuch der Anatomie. Bd. III, 9,Aufl. Stuttgart, Fischer 1958.

71. WELCKER, H.: zit, nach DAY (13).

72. WEST, K.A.: Correlation between ultrasonic and roentgenological findings in infantile hydrocephalus. Acta paed.Scand. 56, 27 (1967).

73. WIESENER, H.: Entwicklungsphysiologie des Kindes. Berlin-Göttingen-Heidelberg, Springer 1964.

74. WINICK, M.: Mütterliche Mangelernährung. Med.Trib. 5, 23 (197o).

75. WINICK, M.: Persönliche Mitteilung (1971).

76. WOOLLAM, D.: Casts of the ventricles of the brain. Brain 75, 259 (1952).

Herrn Professor Dr.Bingas danke ich für die freundliche Anteilnahme am Zustandekommen dieser Arbeit, Herrn Chefarzt Dr.Keller für die Möglichkeit, die Untersuchungen in seinem Hause durchführen zu können. Mein besonderer Dank gilt weiter Herrn Dr.Grumme. Bei ihm erlernte ich die Technik der Echoencephalographie. Außerdem war sein freundlicher Rat bei der Durchführung der Untersuchungen und der Abfassung der Arbeit eine wertvolle Hilfe. Schließlich danke ich Frau Schmidt für die wichtige statistische Beratung.

Lebenslauf

Ich, Günter Frömmel, wurde am 7. April 1939 als Sohn des Buchhändlers Eberhard Frömmel und seiner Frau Anna, geb. Sulejewski, in Berlin geboren.

Nach dem Besuch der Grundschule war ich seit 1951 Schüler des Goethe-Gymnasiums in Berlin-Wilmersdorf. Dort bestand ich 1958 das Abitur. Es folgte das Studium der Humanmedizin an den Universitäten von Berlin, Würzburg und Wien. An der Freien Universität Berlin bestand ich am 16. April 1964 die Ärztliche Prüfung. Im gleichen Jahr heiratete ich Rosemarie Fitzner. 1966 wurde unsere Tochter Barbara, 1968 unser Sohn Andreas geboren.

Nach Ableistung der Medizinalassistentenzeit in verschiedenen Berliner Kliniken erhielt ich 1966 die Approbation als Arzt. Danach erfolgte der Eintritt in das Christophorus-Kinderkrankenhaus Berlin-Lichtenrade, wo ich zur Zeit tätig bin. Die Anerkennung als Facharzt für Kinderheilkunde wird in den nächsten Wochen beantragt.